

Introducción

Una diferencia notoria entre la electrónica analógica y la digital reside en que la digital se basa en 2 estados de tensión (que representan al 0 y al 1), mientras que la analógica trabaja con valores no discretos, sino continuos. Por esta razón se presenta líneas abajo los tipos de corriente eléctrica, incluyendo a continuación los ámbitos de aplicación de la electrónica analógica.

Ámbitos más generales de aplicación de la electrónica analógica

1. **La electrónica industrial:** Es una parte muy extensa de la electrónica y comprende todos los procesos industriales, desde la instrumentación hasta la robótica. Está relacionada con el resto de ramas de la electrónica, por ejemplo, con la Electromedicina o el láser, de gran evolución en los últimos años.
2. **La electrónica de comunicaciones:** Se trata del campo de la electrónica que ha evolucionado más rápidamente y que más ha influido en las técnicas de comunicación e información. Comprende básicamente las telecomunicaciones y la informática, Como ejemplos más característicos podemos citar la radiotelegrafía, radiotelefonía, radar, radiotelescopios, electroacústica o televisión.
3. **Electrónica de consumo:** El mercado de consumo ofrece gran variedad de productos electrónicos, que se pueden agrupar en tres apartados:
 - o Aparatos audiovisuales autónomos (ordenadores, aparatos reproductores y grabadores de vídeo, reproductores y grabadores de sonido).
 - o Medios de difusión (radio y televisión).
 - o Medios de telecomunicación (teléfono, videoteléfono, comunicación por vía informática).

Tipos de corriente eléctrica

El sentido convencional de la corriente eléctrica va del potencial más alto (+) al más bajo (-), justamente lo contrario de lo que ocurre con el movimiento real de los electrones.

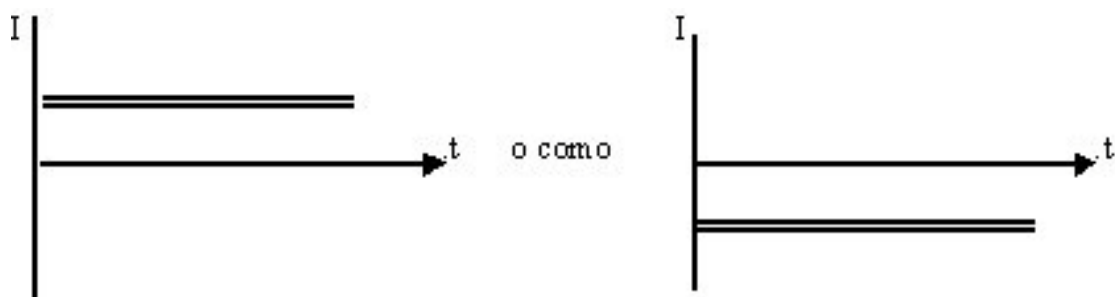
Los generadores son los encargados de mantener la diferencia potencial necesaria para que haya corriente. Si esa diferencia de potencial se mantiene constante en valor y sentido a lo largo del tiempo, la corriente también se mantendrá constante en valor y sentido. Pero si la diferencia de potencial creada por el generador cambia de signo,

valor, o de ambas cosas a la vez, la corriente también lo hará. La corriente eléctrica puede clasificarse según esto último como:

- **Corriente continua**

Abreviadamente puede escribirse como CC o DC (del inglés Direct Current). Una corriente es continua cuando no cambia ni de valor ni de sentido a lo largo del tiempo.

Representada gráficamente en unos ejes ordenados el valor de la corriente en función del tiempo transcurrido, el resultado sería:



Esta corriente la proporcionan los generadores de corriente continua, entre los cuales los más conocidos son las pilas, baterías, placas solares o las dinamos. Su símbolo eléctrico se representa con 2 líneas, una corta y en ocasiones más gruesa (el polo -) y otra línea más larga (el polo +):



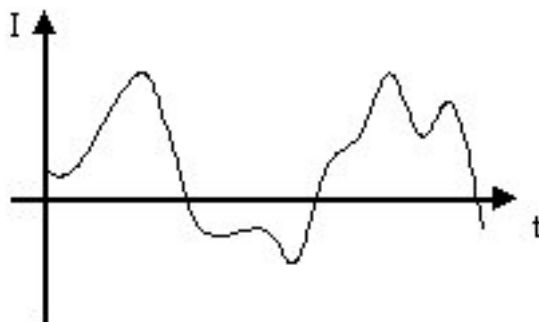
Las aplicaciones más numerosas de la corriente continua se dan en los equipos electrónicos.

- **Corriente alterna**

Abreviadamente puede escribirse como CA o AC (Altern Current).

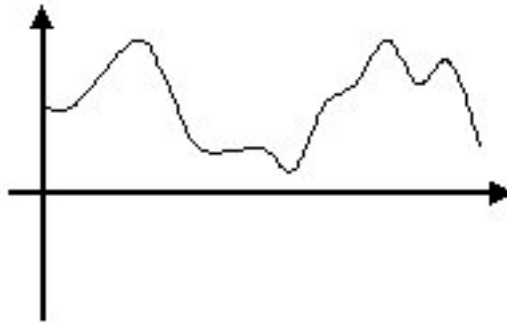
Se caracteriza porque cambia de sentido a lo largo del tiempo y también puede cambiar de valor absoluto.

Gráficamente se puede representar:



- **Corriente pulsatoria**

Es aquella que cambia de valor pero no de sentido. Gráficamente se puede representar:

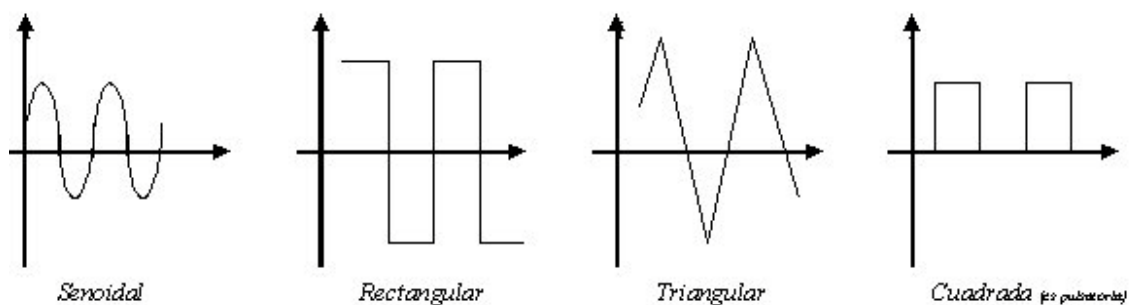


Una corriente pulsatoria puede suponerse como la suma de una corriente continua más una corriente alterna.

Características de la corriente alterna

Quando se habla de corriente alterna se suele entender como corriente alterna periódica, es decir, cíclica, que se repite la forma de onda con el tiempo de manera regular.

Las corrientes alternas periódicas más importantes son las siguientes:



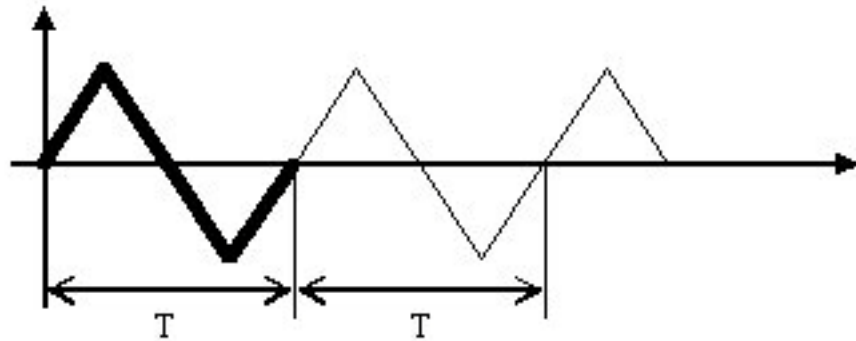
Magnitudes y valores más significativos de las corrientes periódicas

- **Ciclo**

Es el conjunto de valores instantáneos que se repiten regularmente. En la figura inferior se corresponde con el trazo más grueso.

- **Periodo T**

Es el tiempo que dura un ciclo. En una corriente periódica todos los ciclos son iguales y todos duran lo mismo. El periodo se mide en unidades de tiempo (segundos, milisegundos, microsegundos...).



- **Frecuencia f**

Es el número de ciclos que se producen en un segundo. Se mide por tanto en ciclos/segundo.

A la unidad de frecuencia se le llama Hercio (Hz).

$$1\text{Hz} = 1\text{ciclo/segundo}$$

Una corriente tiene una frecuencia de un Hz cuando su ciclo se repite una vez cada segundo.

Se suelen usar mucho sus múltiplos:

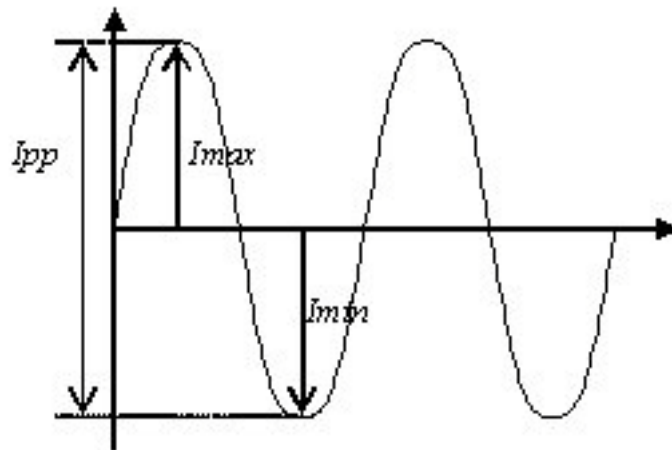
$$1\text{KHz} = 1000 \text{ Hz}$$

$$1\text{MHZ} = 1000000 \text{ HZ}$$

Existe una relación inmediata entre periodo y frecuencia: $T = 1/f$

- **Valor instantáneo**

Es el valor que tiene la corriente en un instante determinado. En la corriente continua siempre sería el mismo. La siguiente imagen muestra una gráfica con valores de intensidad, en el caso de la tensión sería similar.



- **Valor máximo, valor de pico o valor de cresta I_{max}**

Es el mayor de todos los valores instantáneos.

- **Valor de valle o valor mínimo I_{min}**

Es el menor de todos los valores instantáneos.

- **Valor pico a pico I_{pp}**

Es la diferencia entre el valor de pico y el valor del valle.
 $I_{pp} = I_{max} - I_{min}$

- **Corriente alterna senoidal**

Es el tipo de corriente alterna más importante ya que es la que suministran las centrales eléctricas y se distribuye tanto por las ciudades como en industrias.

En Europa la red suministra una corriente alterna de cincuenta Hz, mientras que en Estados Unidos suministra sesenta Hz. Son los alternadores los encargados de generar dicha corriente bien aprovechando otras fuentes de energía como la hidroeléctrica la nuclear o la térmica, entre otras.

- **Valores característicos:**

- o **Valor eficaz**

Se presenta como I , I_{ef} o I_{RMS} (lo propio para las tensiones: V , V_{ef} o V_{RMS})

Físicamente es el valor que debería tener una corriente continua para producir los mismos efectos caloríficos que la corriente alterna de que se trate. Es la medida que muestra el polímetro.

Las tensiones eficaces que se suministran en baja tensión, para usos más habituales en viviendas, locales comerciales o empresas son: 230V y 400V

o **Valor máximo o de pico**

Se representa como I_o o I_{max} . Es el máximo de todos los valores instantáneos: **$I_{m\acute{a}x} = 1,4142 \cdot I_{ef}$** (siendo el coeficiente el valor de la raíz cuadrada de 2)

o **Valor pico a pico**

Debido a las especiales características de este tipo de corriente

$I_{max} = -I_{min}$

Aplicando la fórmula general obtenemos: **$I_{pp} = 2 \cdot I_{max}$**

Componentes electrónicos

Los componentes más comunes en electrónica son:

1. Resistencia

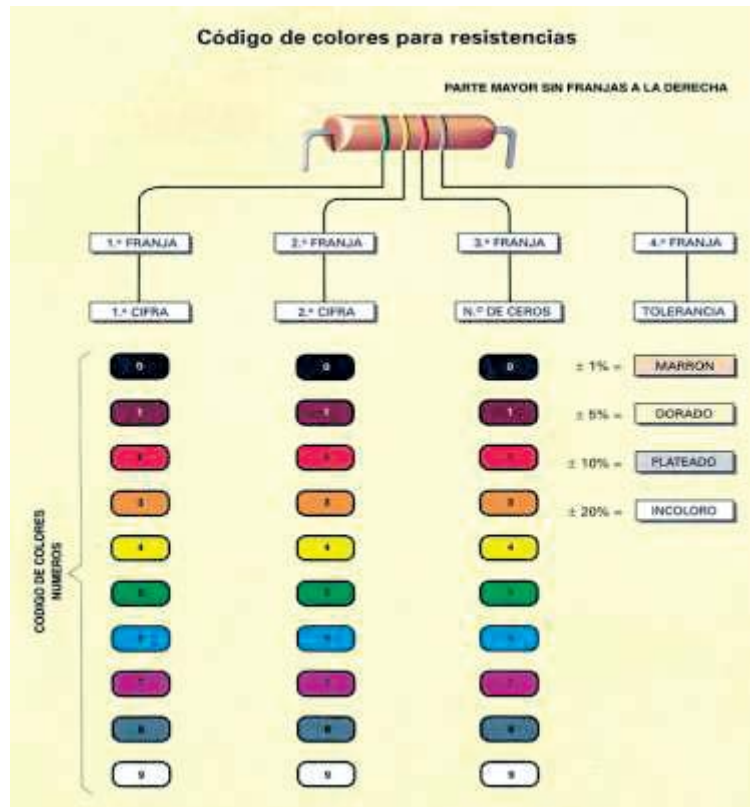
Se entiende por resistencia a la oposición al paso de corriente a través de un circuito. La resistencia se mide en ohmios. Las resistencias electrónicas son elementos muy utilizados en cualquier circuito. Dependiendo del material empleado en su construcción se opondrán en mayor o menor medida al paso de corriente eléctrica.

Las resistencias se pueden clasificar en fijas, variables y dependientes, según el modo de oposición al paso de corriente.

- **Resistencias fijas:** son las que están diseñadas con un valor fijo de ohmios, pudiendo variar éste ligeramente por factores externos como la humedad, la temperatura, etc. El valor de las resistencias viene expresado por un código de colores.

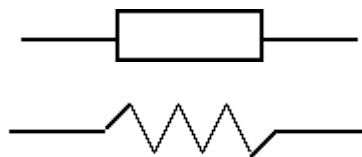
Según los materiales utilizados para la fabricación de éstas y el modo de fabricarlas hay diferentes tipos de resistencias:

- ❖ Resistencias aglomeradas
- ❖ Resistencias de película de carbón
- ❖ Resistencias de película metálica
- ❖ Resistencias bobinadas



- **Resistencias variables:** son las que se pueden regular dentro de unos márgenes previstos de máximo y mínimo. En este grupo se encuentran los potenciómetros (ver siguiente apartado) y los reostatos.
- **Resistencias dependientes:** están formadas por materiales semiconductores cuyo valor óhmico varía en función la luz (LDR), la temperatura (NTC y PTC) y la tensión (VDR).

La resistencia se representa por la letra R y en un esquema electrónico se representa por los siguientes símbolos.



En la foto que sigue, se puede apreciar el diferente tamaño de las resistencias según la potencia que pueden disipar, lo que indica también la cantidad de corriente que las puede atravesar. Comúnmente son de 1/8, 1/4, 1/3, 1/2, 1,... vatios.

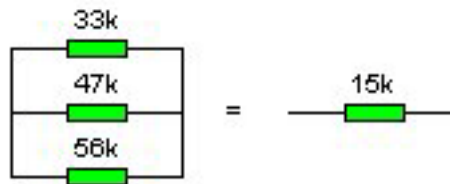


Aplicaciones de las resistencias: Las resistencias, intercaladas en los circuitos, regulan las intensidades que los atraviesan provocando diferencias de tensión entre sus extremos, por lo tanto, forman parte de los cálculos que se deben hacer para que el circuito en cuestión se comporte conforme se desea. Para definir las resistencias se debe dar su valor óhmico, la potencia que ha de disipar y la tolerancia, el margen admisible según la aplicación a la que se destine. Los valores de las resistencia de carbón están normalizados: 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68 82 y los múltiplos, en ohmios.

Las resistencias se pueden **asociar en serie, en paralelo o en montajes mixtos**. En el primer caso la resistencia equivalente es la suma de las resistencias, en el segundo la inversa de la suma es igual a la suma de las inversas.



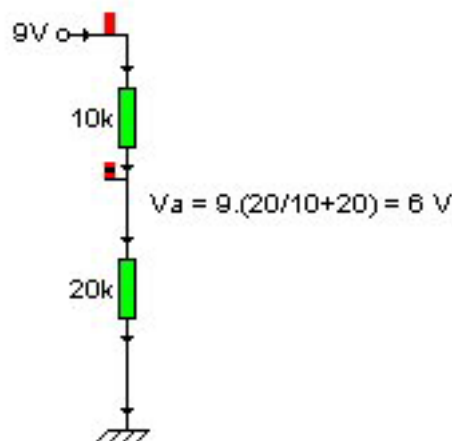
Asociación de resistencias en serie



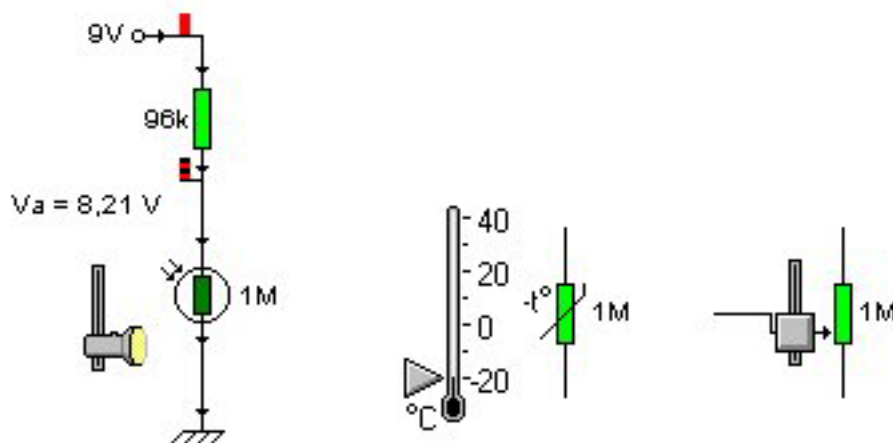
$$1/33 + 1/47 + 1/56 = 1/R$$

Asociación de resistencias en paralelo

Como se aprecia, en el caso de que las resistencias están en paralelo su valor equivalente disminuye sensiblemente. Los valores resultantes se obtienen como se ha indicado líneas arriba, esto se suele aprovechar para ajustar el valor a la resistencia que se desea.



Uno de los montajes más comunes que se pueden ver en los circuitos electrónicos, especialmente en los de control, son los **divisores de tensión**. Se trata de un tanden de resistencias unidas en serie de cuyo centro se toma una derivación para "atacar" otras partes del circuito. En la imagen, que representa la simulación del circuito con 9 v de alimentación, el valor en el centro (V_a) es de 6 voltios.

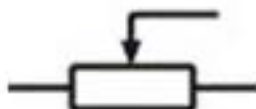


Si una de las resistencias del divisor es variable, LDR, NTC o un potenciómetro, la tensión en el centro, V_a , irá cambiando de manera, más o menos proporcional a la variable correspondiente. En el ejemplo, con escasa luz, hay un megohmio, según se aumenta la luz, baja la resistencia y también los 8,21 V de V_a .

a) Potenciómetro:

Este dispositivo es una resistencia variable. Su valor óhmico se puede regular entre 0 y el valor que nos da el fabricante. La regulación se lleva a cabo mediante un sistema giratorio, una pequeña tuerca de plástico, un eje metálico, según el modelo de que se trate.

El potenciómetro se representa en un esquema electrónico con el siguiente símbolo. Los tres terminales indican que se puede seleccionar el central y cualquiera de los 2 extremos, ya que la resistencia entre dichos extremos es constante y, además, la máxima que puede ofrecer el componente.



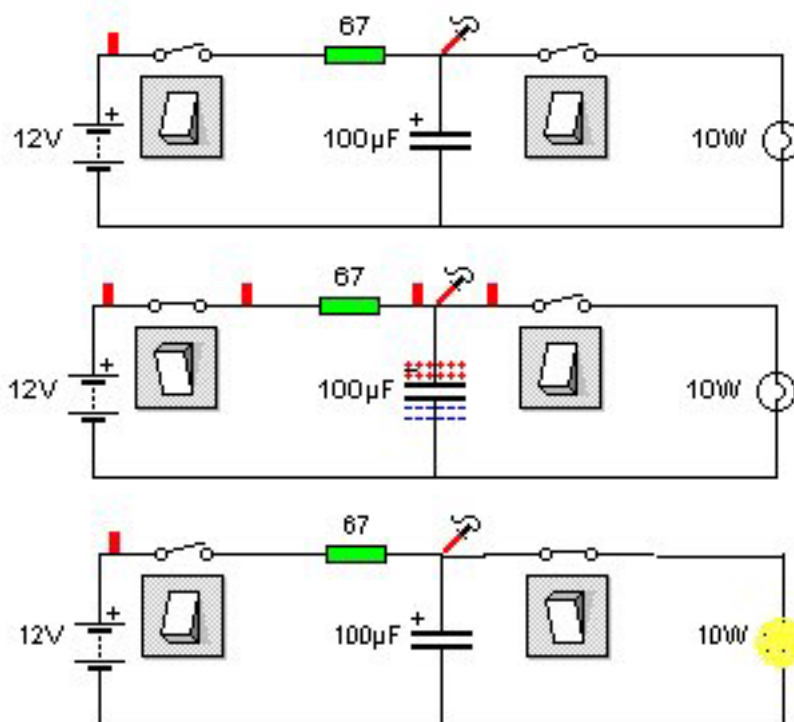
La forma de este dispositivo sería:



2. Condensador

El condensador básico está compuesto por dos placas metálicas separadas por un aislante (dieléctrico). El dieléctrico suele ser de aire, papel, plásticos, cerámica, mica, etc.

Al someter durante un período de tiempo un condensador a una tensión continua (c.c.) éste se carga a un valor cercano a la tensión de la alimentación. Una vez cargado el condensador puede devolver esa carga en otro circuito, por esta razón se dice que tanto él como las bobinas no consumen energía, a diferencia de las resistencias que disipan en calor la energía que absorben.



Los 3 esquemas representan 3 momentos en la carga y descarga de un condensador: Con los 2 interruptores abiertos no hay corriente. Al cerrar el primer interruptor comienza a cargarse el condensador. La imagen muestra una barra roja de la misma longitud que la existente junto a la batería de 12V. Por último, tras haber abierto el primer interruptor se cierra el segundo y el condensador se descarga poniendo incandescente la lámpara unos instantes.



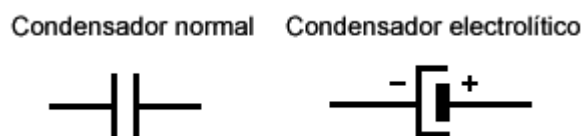
La gráfica adjunta representa la tensión en extremos del condensador. La primera rampa de subida supone el momento de carga, la segunda rampa, de bajada, coincide con su descarga mediante la lámpara. Los tiempos de carga y descarga dependen del producto de la resistencia que intervenga en esos procesos y la capacidad del propio condensador, por lo general las rampas no son tales sino que obedecen a curvas de la forma: $v = V \cdot \left(1 - e^{-t/RC}\right)$

La capacidad es la magnitud que informa de la posibilidad del condensador de almacenar carga eléctrica. Se mide en **Faradios (F)**. Esta unidad es demasiado grande. Por lo que se utilizan submúltiplos:

- **Microfaradio** = Equivale a 10^{-6} F y se representa μF .
- **Nanofaradio** = Equivale a 10^{-9} F y se representa nF.
- **Picofaradio** = Equivale a 10^{-12} F y se representa pF.

En los circuitos de corriente alterna el valor de la reactancia capacitiva X_c debida a un condensador se calcula por la expresión: $X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$

El condensador en un esquema electrónico se representa por los siguientes símbolos, siendo el de la derecha el denominado condensador electrolítico, que tiene polaridad, a diferencia del resto que no la tiene.



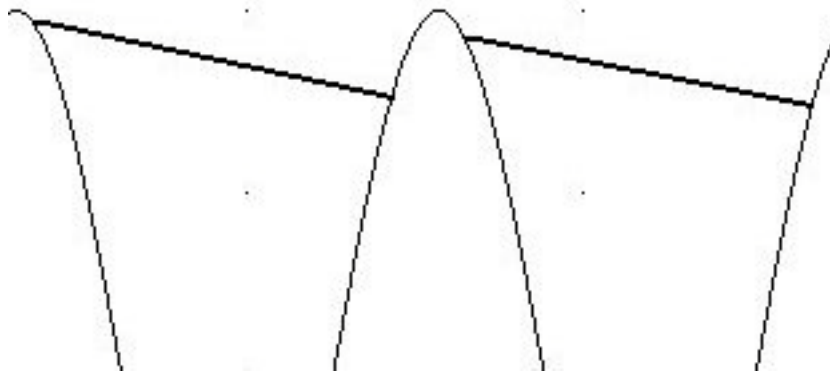
A continuación se muestra una fotografía con diferentes tipos de condensadores. Se puede apreciar cómo los condensadores tienen también su **código de colores**, se adjunta una panorámica de los códigos, tanto para condensadores como para resistencias.



El comportamiento del condensador hace que sus aplicaciones más comunes sean las de:

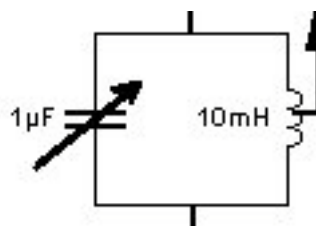
Rectificar la corriente

Se puede aprovechar la carga retenida por un condensador "durante la subida de la onda" para limitar el decrecimiento de la forma de onda alterna, de manera que el efecto es de asemejarse a la corriente continua, como se puede ver en la imagen adjunta.



Junto a las bobinas, como sintonizador

Cuando la reactancia inductiva de la bobina, y la reactancia del condensador coinciden, se produce el fenómeno de la resonancia, específico de una sola frecuencia. Este fenómeno se emplea en los sintonizadores de señales. El esquema adjunto es un sintonizador básico, en él la capacidad del condensador varía, se trata de un VARICAP.

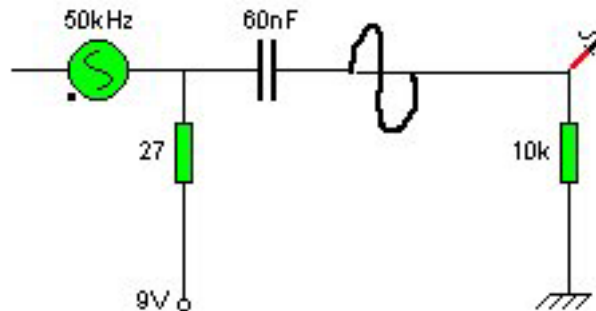


$$X_c = 1 / \omega.C = 1 / 2.\pi.f.C; \quad X_L = \omega.L = 2.\pi.f.L \Rightarrow X_c = X_L \Rightarrow 1 / 2.\pi.f.C = 2.\pi.f.L$$

Por lo tanto: la frecuencia de resonancia $f_r = (1/2\pi) \cdot \sqrt{1/C.L}$

Acoplar circuitos

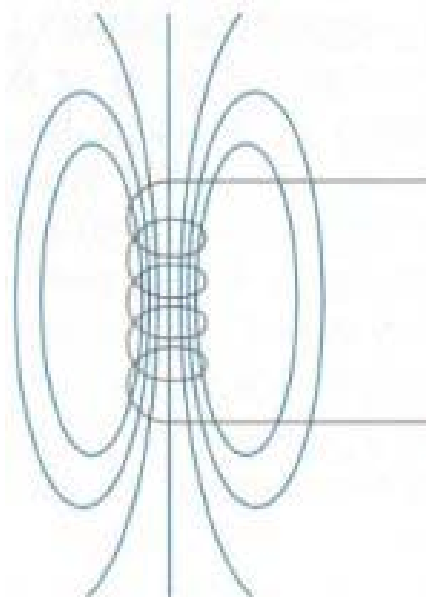
En el esquema adjunto se aprecia el condensador acoplando 2 circuitos. Su labor consiste en impedir el paso de la corriente continua (9V) dejando, por el contrario, transcurrir la señal alterna. Esto se debe a que la reactancia capacitiva aumenta conforme disminuye la frecuencia ($X_c = 1 / (2\pi \cdot f \cdot C)$).



3. Bobina, inductor o solenoide

Se trata de otro de los constituyentes pasivos de los circuitos electrónicos. Su funcionamiento se basa en las leyes eléctricas y magnéticas, especialmente en éstas.

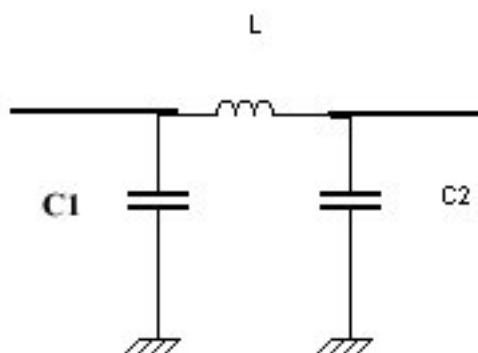
Su símbolo suele ser similar al de un muelle que representa un hilo de cobre bobinado sobre un cilindro. Al transcurrir una corriente por dicho hilo se crea un campo magnético, lo que se aprovecha de varias maneras en aplicaciones electrónicas. La magnitud que caracteriza a cada bobina se denomina coeficiente de autoinducción, inductancia L . Su valor depende de las medidas de la bobina y del hilo, así como del material de éste y si existe un núcleo. Se mide en Henrys (H) aunque, al igual que ocurre con el faradio por ser magnitud tan grande, se suelen encontrar valores en milihenrios o incluso microhenrios.



El flujo creado por la corriente genera una fuerza electromotriz que se opone a los incrementos del propio flujo.

El valor de la reactancia inductiva X_L es el producto $6,28 * f * L$. En esta ocasión a menor frecuencia menor valor, estando en el extremo la corriente continua en la que la X_L se puede asimilar a 0.

Las aplicaciones en telecomunicaciones de las bobinas suelen ir paralelas a las de los condensadores en lo referente al tratamiento según la frecuencia, como se vio en el ejemplo del sintonizador básico, o en los filtros al paso de unas determinadas frecuencias, altas o bajas.



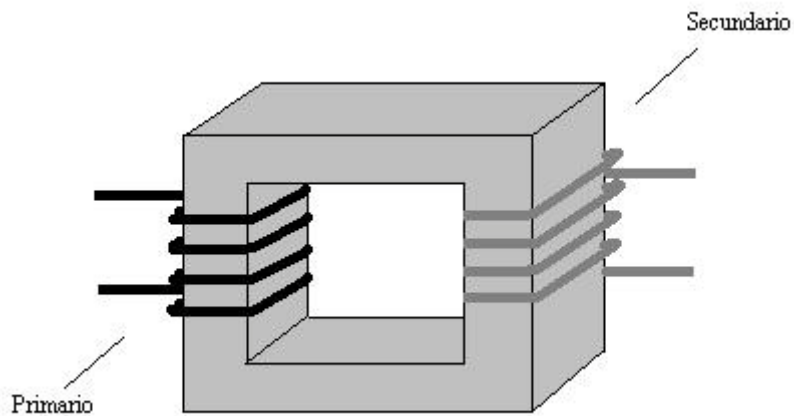
La bobina también puede estar presente en los circuitos rectificadores, a continuación del condensador. En la figura adjunta se aprecia el conocido como filtro en PI, por la forma similar a la letra griega. Está constituido por la bobina y el condensador C2. su finalidad es "alisar" la señal haciéndola semejante a una de corriente continua, técnicamente se conoce como reducir el factor del rizado.

Pero la aplicación más amplia se da al aprovechar la fuerza del campo magnético: máquinas eléctricas como los motores o generadores funcionan gracias a sus bobinados. También son muy usuales los electroimanes que atraen metales pudiendo cerrar circuitos, casos de relés o contactores, o simplemente a modo de cerraduras o grúas de chatarra que emplean la fuerza directamente.

No se deben olvidar las aplicaciones que aprovechan la reacción de las bobinas a los incrementos de la corriente, del flujo más bien. Cuando en un circuito en el que está presente una inductancia se incrementa la corriente que lo atraviesa, el campo magnético que se crea en L induce una fuerza electromotriz opuesta a tal incremento. Esto se usa en los encendidos, momentos de gran incremento de corriente, de las lámparas fluorescentes, por ejemplo.

a) Transformador

El transformador es un dispositivo que se compone, en su construcción básica, de un núcleo de hierro sobre el cual se encuentran enrolladas dos bobinas, al menos. Este dispositivo sirve para transmitir, mediante un campo electromagnético alterno, energía eléctrica de un circuito con tensión determinada (circuito primario o inductor) a otro circuito con una tensión deseada (circuito secundario o inducido), sin modificar la potencia.



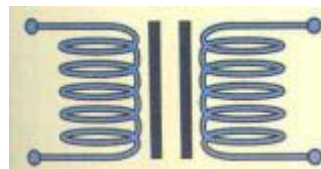
Hay que tener en cuenta que los transformadores sólo funcionan con corriente alterna (c.a), nunca con corriente continua (c.c).

El transformador funciona del siguiente modo: los terminales primarios se conectan a una determinada tensión alterna, lo que hace que una cierta corriente circule por la bobina, dicha corriente inducirá un flujo magnético en el núcleo de hierro. Este flujo envuelve a la bobina secundaria, de manera que se genera en ella una fuerza electromotriz. Los terminales secundarios a los que se conectan los distintos dispositivos (en la jerga electrónica se denomina a estos "carga") ofertan un voltaje específico que dependerá del voltaje del primario, del número de espiras de la primera y segunda bobinas.

La relación de transformación, R , es el cociente entre la tensión del secundario y la del primario: $R = E_2 / E_1$ o lo que también es lo mismo: $R = N_2 / N_1$, siendo N_1 y N_2 el número de espiras de cada enrollamiento.

El transformador puede ser elevador o reductor dependiendo del número de espiras de cada bobinado. En el primer caso la tensión del secundario es mayor, en el segundo lo contrario.

Un transformador se representa en un esquema electrónico con este símbolo:



El transformador tendría una forma similar a la de la siguiente imagen:

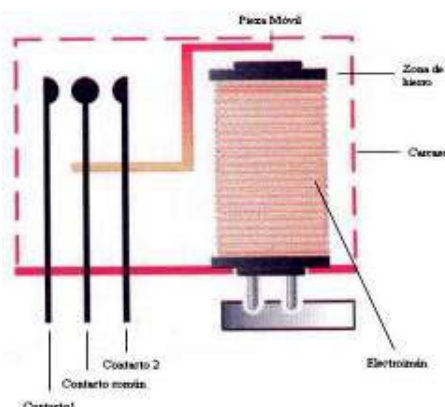


Se debe tener presente que en el mercado se encuentran transformadores con más de 2 tensiones, de manera que las diferentes proporciones entre los números de las espiras en las que se fraccionan las 2 bobinas hace posible que se puedan conectar a diferentes valores de la red eléctrica en el primario (por ejemplo para ser usados en distintos países como Japón, que tiene una red con algo más de 100V) o alimentar artilugios de distintas tensiones desde el secundario.

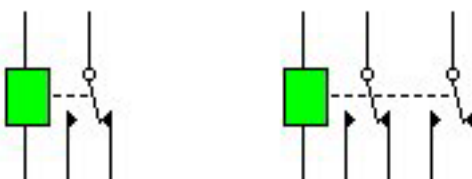
b) Relé

Es un operador electromagnético que funciona a modo de interruptor, o conmutador, activado por un electroimán. El relé está formado por 2 circuitos independientes:

- Circuito electromagnético, o de mando: en el cual se encuentra el electroimán que funciona con poca tensión.
- Circuito eléctrico o de potencia: en el cual se encuentran los contactos por los cuales pueden circular grandes corrientes.

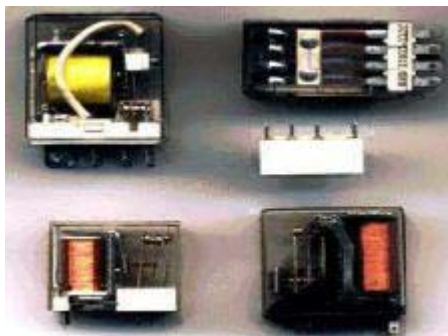


El relé en un esquema electrónico se representa mediante los siguientes símbolos.



En el símbolo de la izquierda hay un solo contacto que conmuta, en el símbolo siguiente hay un doble circuito de potencia que se puede controlar, es un relé de doble contacto que se activa simultáneamente, por la misma bobina.

A continuación se muestra el aspecto real de diferentes tipos de relé.



4. Diodo

Es el dispositivo semiconductor más sencillo y se puede encontrar prácticamente en cualquier circuito electrónico. Se fabrican en versiones de silicio (la más utilizada) y de germanio. Consta de 2 terminales, denominados ánodo y cátodo (-). El origen de estos nombres se remite a las antiguas válvulas de vacío que hacían la función rectificadora en los circuitos. En esta ocasión el cátodo está dopado con sustancias que exceden los 4 electrones de última capa del Ge o el Si, por lo que sería el cristal N, negativo, y el ánodo el cristal P, ya que se dopa con elementos químicos que tienen menos de 4 electrones. Entre ambos se genera una "barrera de potencial" que es la que coadyuva a la circulación en un sentido, mas no en el otro, de las cargas.

El Diodo puede funcionar de 2 maneras diferentes:

- Polarización directa: se da cuando la unión PN se polariza en sentido directo, es decir, el polo positivo se conecta al ánodo al polo negativo al cátodo. En este caso la corriente atraviesa con mucha facilidad el diodo comportándose éste prácticamente como un cortocircuito.



- Polarización inversa: en esta ocasión el polo negativo se conecta al ánodo y el positivo al cátodo.



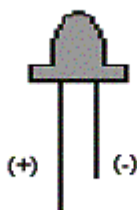
Los diodos tienen multitud de funciones, pero una de las más importantes es formando parte de circuitos de rectificación, de conversión de ca a cc.

El diodo en un esquema electrónico se representa por el siguiente símbolo.



a) Diodo LED

Se caracteriza principalmente por su capacidad de emitir luz, siempre que esté polarizado directamente, de lo contrario no la emitirá. Al igual que el diodo rectificador, los terminales suelen estar identificados, bien por una banda junto al cátodo, en el caso anterior, o por patillas de diferente longitud, siendo la más larga la del ánodo. Para asegurarse de qué patilla corresponde al ánodo y cuál al cátodo se puede usar el polímetro. En aquella combinación que ofrezca menos resistencia, la punta de prueba conectada al común estará tocando el cátodo.



La conexión se realizará siempre en serie con una resistencia que limite la corriente y evite que se dañe el diodo. Para saber el valor de la resistencia que se ha de poner se aplica la siguiente fórmula:

$$resistencia = \frac{voltaje_Generador - 1}{0.015}$$

Los LEDs se fabrican en diferentes colores: rojo, verde, naranja, etc, con el fin de señalar distintos eventos, ello no está influido por su constitución electrónica, que es la misma al margen del color.

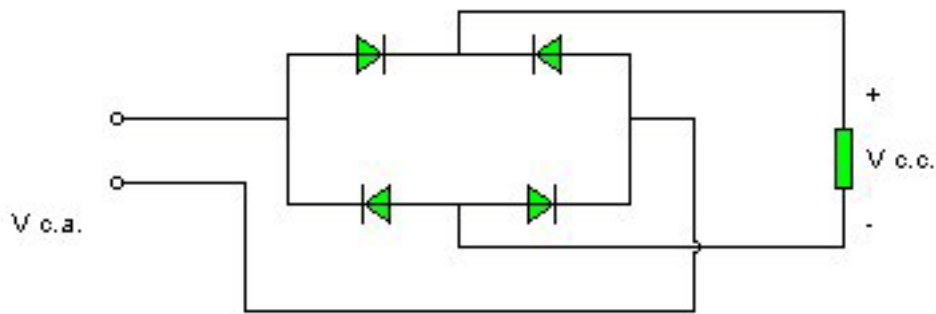
Estos diodos toleran tensiones de funcionamiento de alrededor de 1.2 V e intensidades máximas en torno a 80 mA.

El diodo LED en un esquema electrónico se representa por el siguiente símbolo.



b) Puente rectificador

Este dispositivo se utiliza para transformar la corriente alterna en corriente continua, de un sólo sentido. El puente rectificador está formado por cuatro diodos interconectados de la siguiente manera.

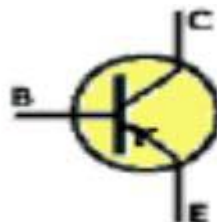


La forma de actuar del puente rectificador es la siguiente: se introduce la corriente alterna por los 2 terminales de entrada convirtiéndose ésta en corriente pulsante a la salida, es corriente continua de muy baja calidad que debe ser tratada con filtros y otros componentes hasta aproximarla a la corriente continua.

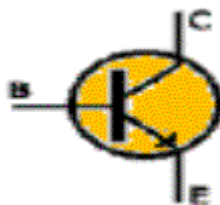
5. Transistor

Los transistores están formados por 2 uniones PN en el mismo dispositivo. Hay 2 tipos de transistores: los PNP y los NPN.

- Un transistor PNP está formado por un cristal semiconductor que tiene una zona dopada con impurezas tipo N, situada entre 2 zonas dopadas con impureza tipo P, formándose así 2 uniones PN.



- Un transistor NPN está formado por un semiconductor con una zona dopada con impurezas tipo P, situada entre 2 zonas dopadas con impureza tipo N, formándose así 2 uniones PN.



El transistor es un componente electrónico que tiene 3 patillas o electrodos que se denominan: emisor E, colector C, y base B. El emisor y el colector son las zonas dopadas con el mismo tipo de impurezas, ya sean de tipo P o N, mientras que la base se encuentra dopada con un tipo de impureza diferente.

El método que tiene el dispositivo de amplificar la corriente es el siguiente: la corriente entra por una de sus patillas (base) poniendo en marcha un proceso dentro del transistor que facilita la corriente entre emisor y colector, siendo ésta de un valor superior al de la base - emisor, esto supone de hecho una amplificación.

Todos los transistores vienen de fábrica con un valor constante (hFE) que nos indica la capacidad de amplificación de éste. Gracias a este valor podremos sacar de un transistor los siguientes datos:

$$I_C = hFE * I_B. I_E \text{ es aproximadamente } I_C$$

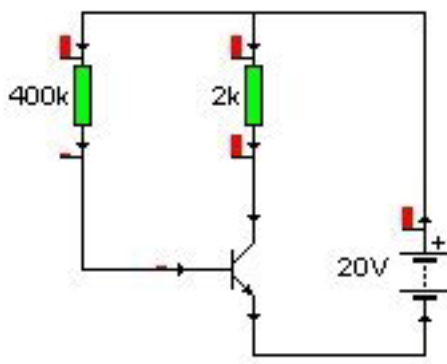
donde:

I_C - corriente que pasa por la patilla colector

hFE -factor de amplificación del transistor (I_C/I_B)

I_B - corriente que pasa por la patilla base

I_E - corriente que pasa por la patilla emisor



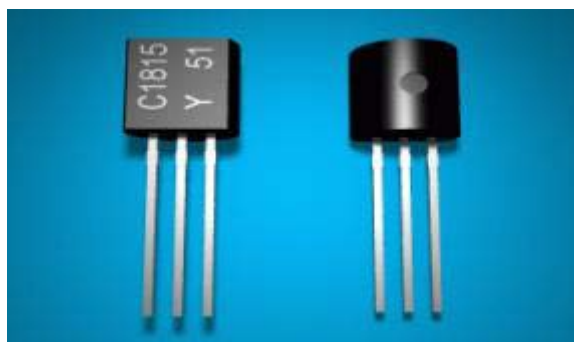
En el esquema adjunto se puede apreciar la importancia de la ganancia del transistor, hFE . Si entendemos que la tensión B-E, V_{be} , es la habitual de las uniones PN, unos 0,7V, la corriente por la base, i_b será: $(20 - 0,7) / 400k = 48,25 \mu A$

Aplicando el factor de amplificación del transistor, $i_c = 48,25 \mu A * 100 = 4,825 \text{ mA}$

La caída de tensión entre el colector y el emisor, $V_{ce} = 20 - (4,825 \text{ mA} * 2K) = 20 - 9,65 = 10,35V$.

Las aplicaciones de los transistores son muy numerosas, pero básicamente realiza funciones o de amplificación, como se acaba de ver en el ejemplo anterior, o de conmutación, muy extendida en el campo digital. Uno u otro comportamiento depende del estado en el que se encuentre el transistor: activo, en corte o en saturación. Activa es la situación descrita con anterioridad. El transistor está en corte cuando no conduce, lo cual se suele deber a una falta de intensidad por la base (para esta configuración). Cuando entre emisor y colector circula lo máximo de corriente que el transistor admite se dice que está en saturación

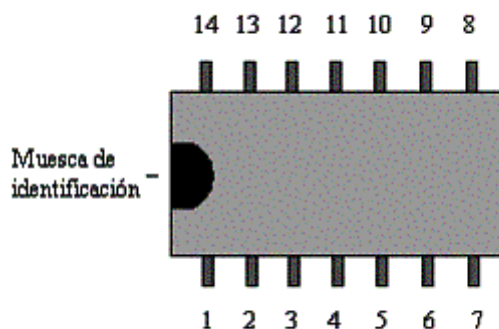
Un transistor puede presentarse en gran variedad de formas externas según los encapsulados como, por ejemplo, las siguientes:



6. Circuito Integrado

Hoy en día los circuitos integrados son la base fundamental de la electrónica. El circuito integrado es una cápsula o un chip de silicio, u otro material semiconductor, que utilizando sus capacidades de semiconductor hace funcionar a todos los componentes (transistores, resistencias, diodos, condensadores, etc.) que cobija en su interior.

El chip va recubierto por una funda de plástico. La conexión con otros dispositivos electrónicos se realiza a través de las patillas o pins. Estos están codificados numéricamente, teniendo cada pin una función determinada que varía dependiendo de los diferentes tipos de circuitos integrados.



La integración de los circuitos electrónicos presenta una serie de ventajas e inconvenientes.

Ventajas:

- Reducción de costes.
- Aumento considerable de la fiabilidad.
- Capacidad de procesamiento mucho mayor.
- Reducción de tiempo en la localización de averías.
- Menor espacio en el almacenaje de los componentes.
- Consumo de energía más bajo.

Inconvenientes:

- La potencia máxima que pueden disipar es muy reducida.
- No es conveniente integrar componentes como bobinas y condensadores de altos valores, así como transistores PNP y NPN.
- Los valores de las resistencias y condensadores no pueden superar ciertos máximos.
- La manipulación de éstos exige el instrumental adecuado.

Los circuitos integrados se pueden clasificar según diferentes criterios, como grado de integración, tecnología de fabricación y otros.

La clasificación más importante se hace a través de la tecnología utilizada, distinguiéndose así 2 tipos de circuitos integrados: analógicos y digitales.

- Los analógicos: son aquellos circuitos que trabajan con señales eléctricas que pueden tomar un número infinito de valores.
- Los digitales: son aquellos circuitos que trabajan con señales eléctricas que solo pueden tomar un determinado número de valores, generalmente sólo toman 2 valores cuando se trata del código binario.

Los circuitos más utilizados actualmente en el mundo de la electrónica son los digitales. Estos se clasifican principalmente en:

Según la tecnología de fabricación:

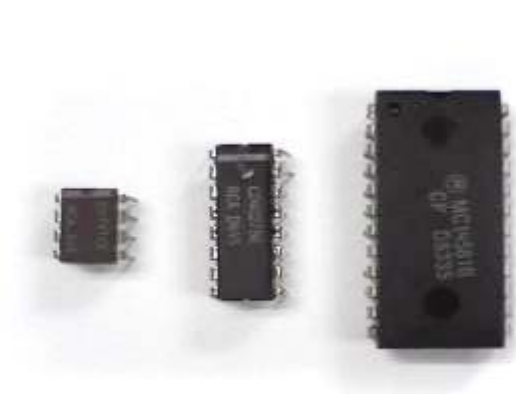
- DTL: circuitos fabricados utilizando la combinación de los efectos de los diodos y transistores. Se encuentran ampliamente superados tecnológicamente.
- TTL: circuitos fabricados a base de transistores bipolares.
- CMOS: circuitos fabricados utilizando transistores de efectos de campo, los cuales son sensibles a cargas estáticas. Presentan un consumo muy bajo.
- ECL: circuitos fabricados empleando transistores bipolares que funcionan en la zona activa. Son los más rápidos.

Según el grado de complejidad:

- SSI (Small Scale of Integration): Entre 1 y 30 puertas lógicas
- MSI (Medium Scale of Integration): Entre 30 y 300 puertas lógicas
- LSI (Large ...): Entre 300 y 10000 puertas lógicas

- VLSI (Very Large ...): entre 10000 y 1000000 puertas lógicas
- ULSI (Ultra Large ...): más de 1.000.000 puertas lógicas

A continuación se muestra el aspecto físico de un circuito integrado.



a) Zócalo para Circuito Integrado

El zócalo se puede definir como la base del circuito integrado. Se trata de un componente fácil de reponer, pudiendo evitar así los diferentes tipos de problemas que pueden surgir al trabajar sobre el circuito integrado, especialmente debidos a la sensibilidad al calor que caracteriza los circuitos integrados.

Las patillas del zócalo se sueldan sobre el circuito impreso, no afectando así la soldadura al circuito integrado. Realizado este proceso se pincha el circuito integrado sobre el zócalo.

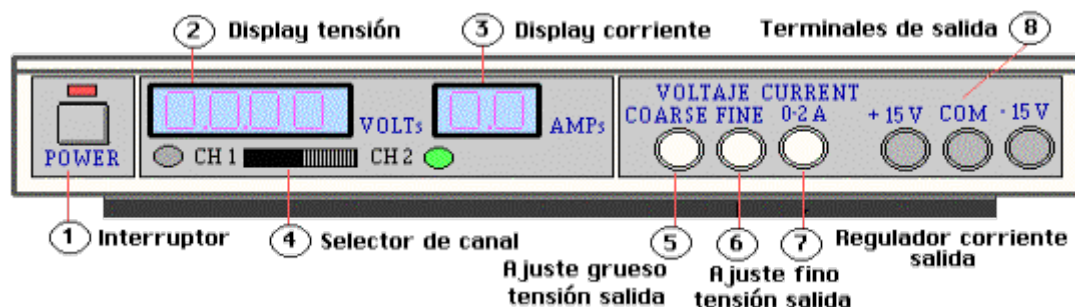
El aspecto de un zócalo es el siguiente:



7. Fuente de Alimentación

Es un instrumento del cual se obtiene corriente continua (c.c.) a través de corriente alterna (c.a.). No es pues un operador, como los casos anteriores, pero dada su profusión merece la pena citarla.

Un ejemplo de una de las múltiples fuentes de alimentación que hay se muestra a continuación:



Conviene distinguir aquellas tensiones fijas de las variables y, sobre todo, prever la corriente que va a absorber el circuito a alimentar, evitando siempre correr el riesgo de que supere la permitida, el fondo de escala seleccionado en la fuente de alimentación.

8. Otros semiconductores

Los Díacs, Triacs y Tiristores son dispositivos semiconductores catalogados como interruptores estáticos. Estos van desplazando en gran número de aplicaciones a los clásicos conmutadores mecánicos, electromecánicos, tiratrones, etc.

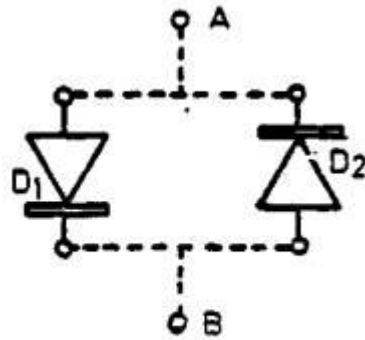
Su empleo no se reduce únicamente al control de la potencia eléctrica, sino que por sus características hallan gran difusión en el disparo, gobierno y control de salida en equipos de automatización.

Los interruptores estáticos pueden definirse como aquellos dispositivos semiconductores que permiten la regulación y el control de la potencia eléctrica.

En la actualidad su campo de aplicación va desde el control en circuitos de baja potencia hasta el gobierno en circuitos de potencia media e incluso potencia elevada.

a) El Diac



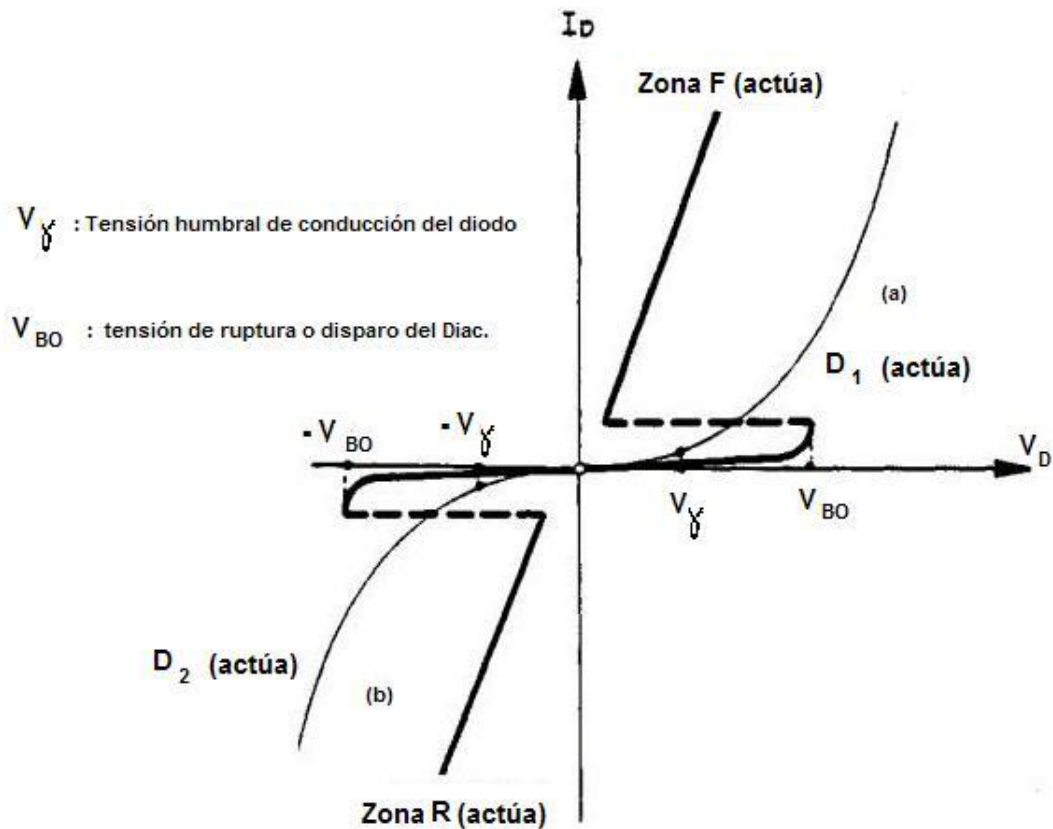
**D1 y D2 Diodos multiunión**

El diac posee una constitución interna semejante a la asociación de dos diodos multiunión en antiparalelo. Observando la figura se puede adquirir una idea de la constitución de este dispositivo.

Teniendo en cuenta su composición, parece evidente que la curva característica tensión-corriente, debe coincidir con la resultante de la asociación de las respectivas curvas de ambos diodos. Sin embargo, las características propias de los diodos multiunión del DIAC hacen que ésta adquiera una forma un tanto particular.

De acuerdo con la gráfica, observamos que la curva característica (INTENSIDAD-VOLTAJE) difiere de la correspondiente a un simple antiparalelo de los dos.

Al polarizar directamente el DIAC con una tensión directa V_D suficientemente elevada como para alcanzar el nivel de ruptura v_{bo} , éste pasará a estado conductor.



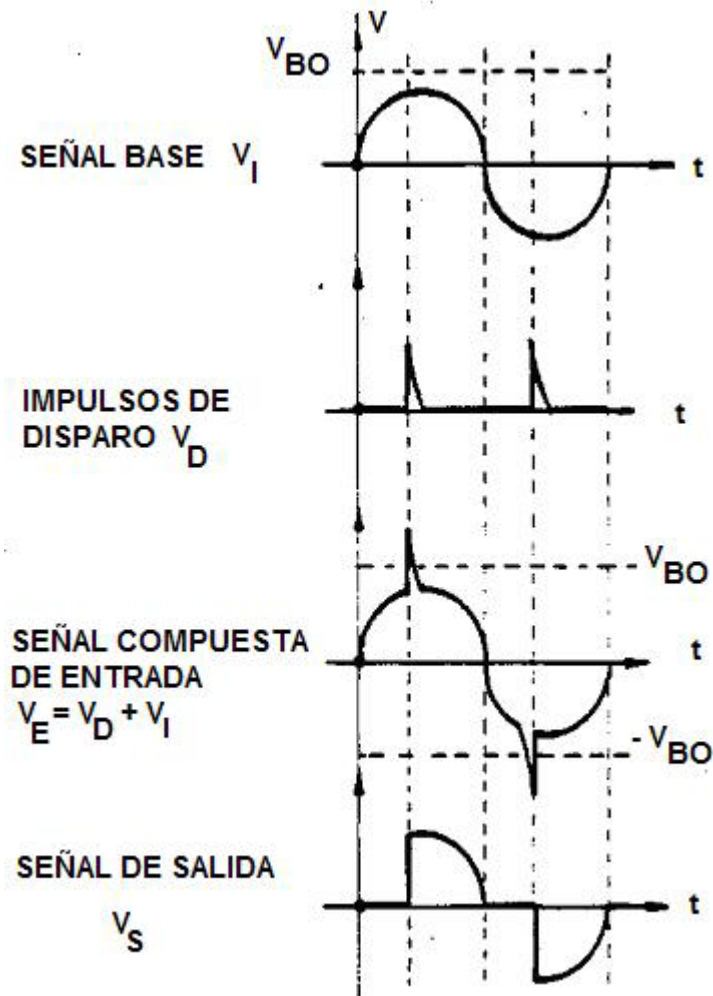
Una vez activado el diac es capaz de canalizar una corriente en sentido directo la función de la tensión directa.

En el gráfico se observa el particular funcionamiento del Diac. A partir del instante en el que se supera la tensión de ruptura v_{bo} , la conducción es proporcional a valores de VD que pueden ser inferiores a v_{BO} .

Es decir: El disparo requiere una tensión $VD > V_{bo}$

Una vez cebado el diac, la corriente lo es proporcional a VD cuyo valor es inferior a v_{bo} .

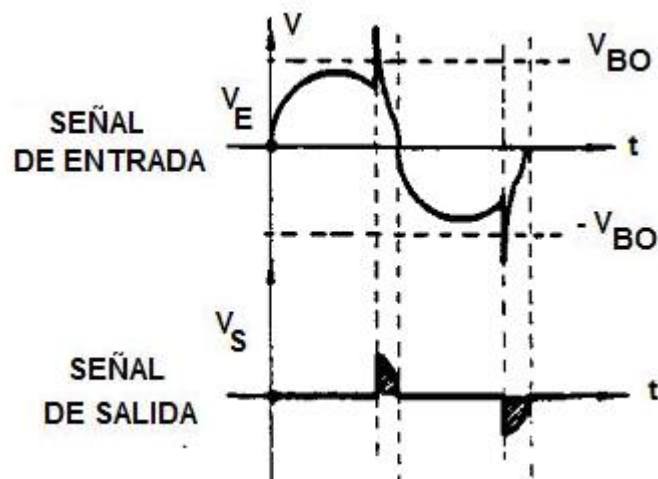
Así pues, una vez disparado, el diac actúa pilotado por una VD relativamente baja y permanece en estado de activación.



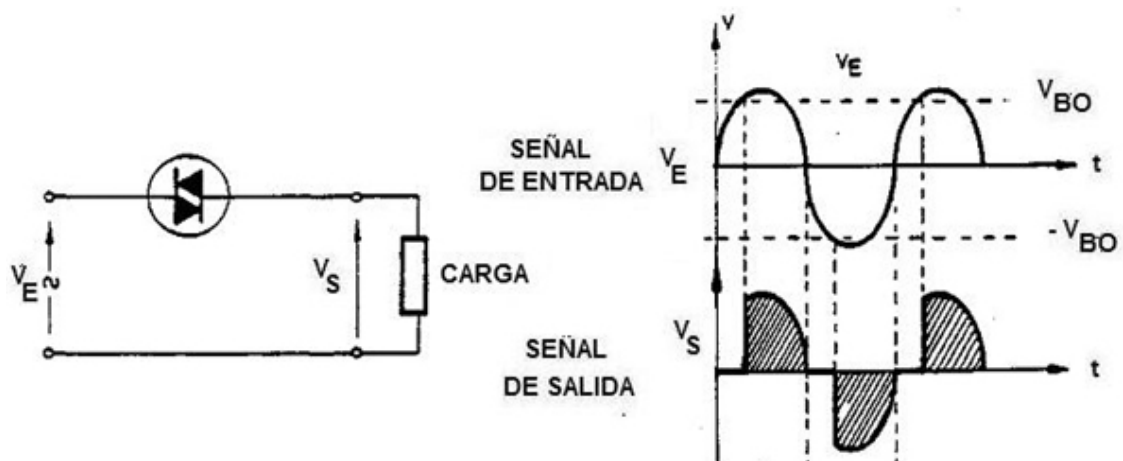
Para devolverlo al estado de reposo, es necesario aplicar una $V_D < 0$ Voltios. Evidentemente si V_D disminuye hasta un valor negativo igual a $-V_D$, el proceso se repite pero, esta vez, en el diodo opuesto. En este caso, $-V_D$ constituirá la tensión denominada directa para el segundo diodo.

El método de trabajo con los DIACS supone el prever el consecuente disparo para llevarlos al estado de conducción. Esto se consigue, sumando a la señal de entrada los impulsos de disparo. De esta forma la respuesta del diac aparece durante el intervalo comprendido entre el disparo y el descebado (paso por $V_D = 0$).

La regulación de potencia se consigue a partir de la distribución de los impulsos de disparo. En el gráfico se observa que a medida que los impulsos se desplazan hacia la derecha, la potencia que llega a la carga es menor ya que el DIAC bloquea la señal de entrada durante un intervalo mayor. Este procedimiento no es general, ya que la propia señal de entrada puede poseer una tensión de pico capaz de cebar el DIAC.

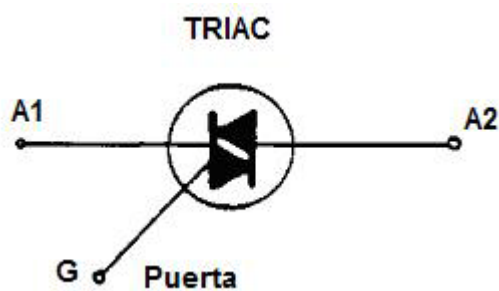


El circuito que aparece en la figura es el que utilizaremos para la regulación de la potencia aplicada sobre la carga. La regulación es fija si el valor de pico y la forma de la señal permanece constante.



De todo lo expuesto se deduce que el DIAC es un interruptor estático capaz de regular la potencia a consumir por una carga. Se utiliza en circuitos de C.A.

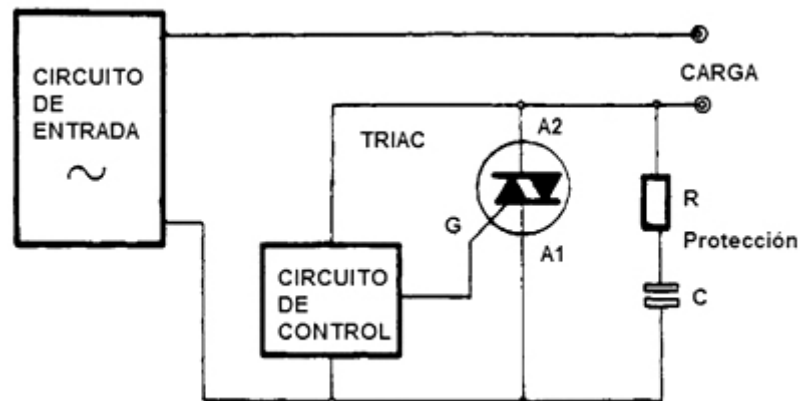
b) El Triac



En esencia, el TRIAC es un DIAC controlado por medio de un tercer terminal denominado puerta.

Las curvas características son semejantes con la salvedad de que, en este caso, posee una entrada suplementaria para el control del disparo. Esta característica queda claramente denotada en su símbolo eléctrico.

El TRIAC se emplea fundamentalmente en la regulación de la potencia eléctrica en C.A. Interviene en circuitos de gobierno de motores, hornos, etc.



También se usa en aplicaciones de activación controlada de circuitos eléctricos y electrónicos.

Es común la utilización del TRIAC en circuitos de alarma excitados por luz, por contacto, o por cualquier otro transductor.

La señal de control se aplica entre la puerta G y uno de los terminales activos. El disparo requiere una excitación de puerta de las siguientes características:

v_{g-a_1} entre 1,5 y 3 Voltios.

i_g entre 30 y 200 mA.

En el esquema de un circuito tipo se distinguen dos bloques perfectamente diferenciados:

1. El bloque de entrada es quien suministra la señal alterna que, controlada por el TRIAC, debe actuar sobre la carga.
2. El bloque de control sintetiza la señal para el control de cebado del TRIAC.

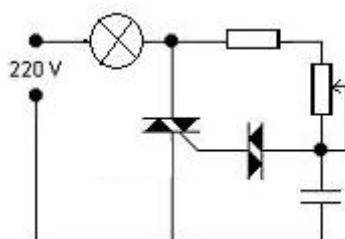
El primer bloque puede estar perfectamente constituido por la entrada de tensión de red C.A. y los adecuados filtros inductivos.

El segundo bloque encargado del control del interruptor estático puede estar constituido, por ejemplo, por una LDR y el circuito adaptador de nivel para actuar sobre la puerta G, de acuerdo con las variaciones de luminosidad acusadas por la LDR (fotoresistencia).

Conociendo las características de disparo del TRIAC, el diseño del circuito de control no presenta excesivas dificultades.

Para protección del TRIAC se colocará en paralelo una resistencia y un condensador en serie. Su finalidad es evitar la destrucción del TRIAC ante la posibilidad de sobre-tensiones.

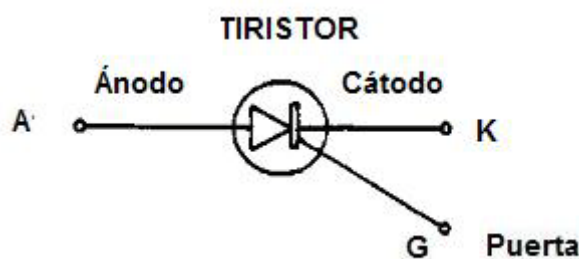
Ejemplo clásico de un circuito con un TRIAC es el de la figura.



Para el cebado del TRIAC se realiza mediante un circuito RC (Resistencia-Condensador) que introduce un desfase debido a la constante de tiempo de carga del Condensador. La constante está determinada por los valores de Resistencia, Potenciómetro y el Condensador

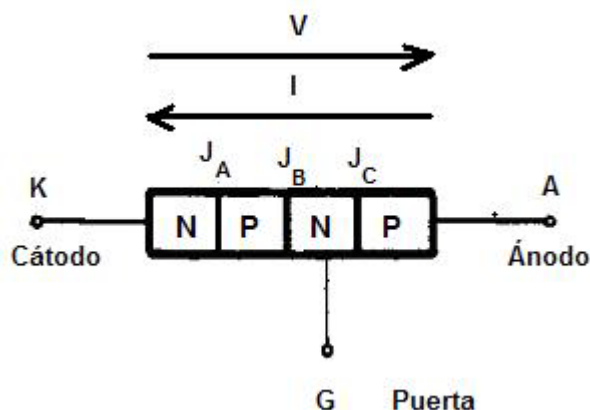
Para terminar el principal empleo del TRIAC es como regulador de la potencia media entregada a la carga, aunque solo sea ventajoso respecto al TIRISTOR (que a continuación estudiaremos) en aquellas cargas que no requieran rectificación de la C.A. como lámparas, radiadores eléctricos, o en aquellas que no puedan ser controladas mediante C.C. como motores.

c) El tiristor



Un TIRISTOR o S.C.R. (Rectificador controlado de silicio) es un interruptor estático para C.C. controlado mediante un tercer terminal denominado puerta.

Comparativamente, podemos considerarlo como un TRIAC unidireccional, es decir, con polaridad en el circuito principal.

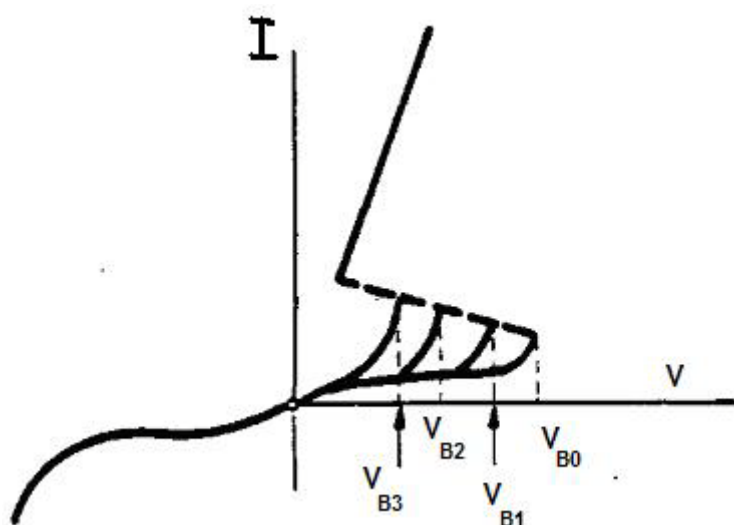


Internamente consta de un diodo de triple unión (4 copas semiconductoras) con una conexión de control en una de las uniones centrales. La puerta puede acceder a una zona P o N dependiendo del tipo de TIRISTOR .

Si el electrodo de control accede a una región N, al aportar electrones a esta región se favorece el estado de conducción en la unión J_B compensando en parte la barrera de iones que actúa de obstáculo.

En consecuencia, un aumento en la polarización correcta de la puerta repercute en una disminución del umbral de disparo. Por lo tanto, mediante el tercer terminal controlamos la conducción (en sentido directo) a través del diodo principal.

Al polarizar el terminal de puerta G, la unión media J_B presenta progresivamente una menor oposición al paso de corriente y por ello, el diodo de triple unión se hace conductor con una tensión de disparo paulatinamente menor a V_{BO} (Tensión típica de basculación dejando al aire el electrodo de control).



Las aplicaciones del TIRISTOR coinciden por lo general con las especificadas para el TRIAC, con la salvedad de que éste se utiliza en el control de potencia de circuitos C.A., mientras que el TIRISTOR es para circuitos C.C. El TIRISTOR se utiliza en circuitos conversores CC-CA (onduladores), conversores CC-CC y CA-CA (convertidores de frecuencia, en circuitos rectificadores de tensión continua regulable, etc.).

El control sobre la puerta se puede hacer por medio de la introducción de impulsos de cebado sincronizados para que la carga reciba la potencia estipulada.